

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-246148

(43) 公開日 平成9年(1997)9月19日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 4 1 J
H 0 1 J 37/09			H 0 1 J 37/09	A
37/305			37/305	B

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-45821

(22) 出願日 平成8年(1996)3月4日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 太田 洋也

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 染田 恭宏

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 奥村 正秀

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子ビーム描画方法および描画装置およびこれを用いた半導体集積回路装置

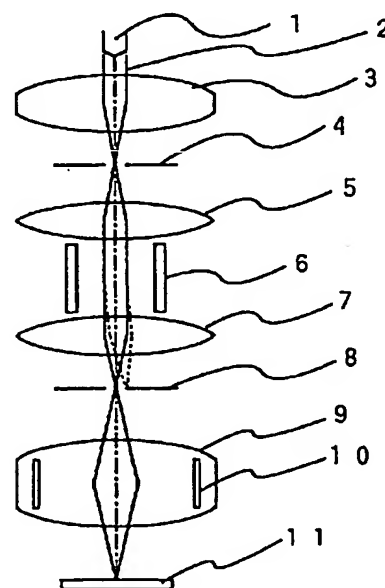
(57) 【要約】

【課題】 可変成形ビームの電流密度を低下させることなく、ビームを走査することにより一括ビームの面積を拡大して描画速度を向上させることを目的とする。

【解決手段】 電子源1から放出された電子ビーム2は1つ以上の集束レンズ3で収束され第1アパーチャ4で成形された後、第1成形レンズ5と第2成形レンズ7で収束され第2アパーチャ8上に結像される。この第2アパーチャ8上の像は対物レンズ9と対物偏向器10で投影偏向されて、感光剤の塗布された試料11上に照射され描画を行う。このとき第2アパーチャ8にあらかじめ設けてある複数の描画すべきパターン形状の開口を、偏向器6により選択する。偏向器6に走査信号を加え、第2アパーチャ8上のパターン形状の開口よりも面積の小さいビームで走査することにより電流密度を下げることなく実質的に一括ビームの面積を拡大する。

【効果】 特定の機能を持つ一まとまりの開口群である一括ビーム形状より面積の小さいビームで一括ビーム開口を走査することにより、見かけ上の一括ビームの面積を拡大し高速に描画を行うことができる。

図 1



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】電子ビームを放射する電子源と前記電子ビームの形状を決定する複数の特定形状の開口を持つ絞りと前記複数の特定形状の開口を選択する第1の偏向器と前記電子ビームを投影する1つ以上の電磁レンズとを用いて行う電子ビーム描画方法にあって、前記特定形状の開口を持つ絞り上の特定の機能を持つまとまりの開口群の領域の辺々の1/2以下の辺で構成される前記電子ビームで走査を行うことにより描画を行うことを特徴とする電子ビーム描画方法。

【請求項2】請求項1に記載の電子ビーム描画方法にあって、前記特定の機能を持つまとまりの開口群の領域の1/4以下の面積の前記電子ビームで走査を行うことにより描画を行うことを特徴とする電子ビーム描画方法。

【請求項3】請求項1または請求項2のいずれかに記載の電子ビーム描画方法にあって、前記複数の特定形状の開口を持つ絞り上の開口の部分を選択して走査を行うことにより描画を行うことを特徴とする電子ビーム描画方法。

【請求項4】請求項1または請求項2または請求項3のいずれかに記載の電子ビーム描画方法にあって、前記複数の特定形状の開口を持つ絞り上の場所に応じて走査を行う速度または回数を変えることで電子ビーム照射量を変化させて描画を行うことを特徴とする電子ビーム描画方法。

【請求項5】請求項1または請求項2または請求項3または請求項4のいずれかに記載の電子ビーム描画方法を用いることを特徴とした電子ビーム描画装置にあって、前記複数の特定形状の開口を選択する第1の偏向器に走査を行う信号を重畳させる機能を具備したことを特徴とする電子ビーム描画装置。

【請求項6】請求項1または請求項2または請求項3または請求項4のいずれかに記載の電子ビーム描画方法を用いることを特徴とした電子ビーム描画装置にあって、走査を行う第2の偏向器を設けたことを特徴とする電子ビーム描画装置。

【請求項7】請求項1または請求項2または請求項3または請求項4のいずれかに記載の電子ビーム描画方法を用いて製造したことを特徴とする半導体集積回路装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体素子などの製造に用いられる電子ビーム描画に係り、特に、描画パターンに繰り返し現れる形状の電子ビームで一括に描画を行う電子ビーム描画方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】電子ビーム描画は、その解像性の高さとパターンを発生可能という機能から半導体製造におけるフォトマスクの製造や先端デバイスの研究開発に用いら

2

れている。近年、半導体素子の微細化に伴い、その加工寸法は光露光の光源の波長と同じ程度となり解像限界に近づいている。このため、超解像技術などを用いても光露光で解像し難い層に、量産を行う生産ラインにも電子ビーム描画が適用されつつある。特定の機能を持つまとまりの開口群を一度に照射する、一括ビーム描画方式が実用化され描画速度は大幅に向上したにもかかわらず、電子ビーム描画にはさらに大きな描画速度の向上が要求されている。

10 【0003】一括ビーム方式の描画速度をさらに向上させるための要因に、一括ビームの面積の拡大が上げられる。ところが、ある電子銃から放射されるビーム電流は一定なので、一括ビームの面積を拡大すると結果として電流密度が減少してしまう。また、一括ビームだけで半導体素子の全てのパターンを描画することはできず、可変成形方式と併用するのが実用的である。一括ビームの面積を拡大し電子ビームの電流密度が減少すると、これとは反対に、可変成形ビームで描画を行う部分の描画速度は低下してしまう。このため、通常は最大の描画速度を得るためにレジスト感度や偏向整定待ち時間などの要因を考慮し一括ビームの面積を最適化している。

20 【0004】また、一括ビーム方式は複数のパターンを一度に照射して描画を行う方式であるので、一度に照射を行う範囲は照射量を変化させることはできない。これに対して、例えば特開平4-137520号公報に示されているように、一括パターン開口とは別の網の目状の開口を重ねることにより、照射量に分布を持たせる方法も提案されている。

【0005】

30 【発明が解決しようとする課題】一括ビーム方式の電子ビーム描画で、スループットを向上させるためには一括ビームの面積を拡大し、ショットの数を減少させることが有効な手段である。ところが、電子銃から放射される電流量は物性によって決まるので一定である。従って、一括ビームの面積を拡大するとビームの電流密度が減少することになる。感光剤の感度は電流密度と照射時間の積で決定されるので、感光剤の感度が一定であれば、ビームの面積に関わらず合計の照射時間は一定である。

40 【0006】通常、一括ビーム方式の描画でも一括ビームだけでは、繰り返し以外のパターンを描画することはできない。従って、可変成形ビーム方式と併用するのが実用的である。一括ビームの面積を拡大し電流密度が減少すると、可変成形ビームの電流密度も減少してしまう。そのため、可変成形ビームで描画する部分の描画速度が減少し、総合的なスループットは低下してしまう。すなわち、照射するビームの一部しか使用していないことになり、開口以外に照射されたビームは描画に寄与しないため無駄を生じている。

50 【0007】この問題は、一括ビーム部分の開口を照射する場合と可変成形ビーム部分の開口を照射する場合で

3

ビームサイズを切り替えれば解決可能である。しかし、ビームサイズの切り替えはレンズの収束条件を変更しなければならない。これに要する時間は、開口を選択するのに比べて多大な時間を要するので、総合的なスループットの向上にはならない。

【0008】

【課題を解決するための手段】一括ビームの形状を決める絞りの上の開口選択用の偏向器を用い、または走査専用の偏向器を配置し、特定の機能を持つ一まとまりの開口群である一括ビーム形状より辺々の $1/2$ 以下、または面積で $1/4$ 以下の小さいビームで走査することにより、見かけ上の一括ビームの面積を拡大する。この面積の小さいビームで可変成形ビームを形成することによって、一括ビームパターン以外のパターンも高い電流密度で描画ができる。また、走査の速度や回数を変化させることにより、照射量を制御する。

【0009】

【発明の実施の形態】一括ビーム方式の電子ビーム描画で、スループットを向上させるためには一括ビームの面積を拡大し、ショットの数を減少させることが有効な手段である。一括ビームの面積を拡大するとビームの電流密度が減少することになる。感光剤の感度が一定であれば、ビームの面積に関わらず合計の照射時間は一定である。通常、一括ビーム方式の描画でも一括ビームだけでは全てのパターンを描画することはできない。従って、可変成形ビーム方式と併用するのが実用的である。一括ビームの面積を拡大し電流密度が減少すると、可変成形ビームの電流密度も減少してしまう。その結果、可変成形ビームで描画する部分の描画速度が減少し、総合的なスループットは低下してしまう。

【0010】一括ビームの形状を決める絞りの上の開口選択用の偏向器を用い、または走査専用の偏向器を配置し、特定の機能を持つ一まとまりの開口群である一括ビーム形状より面積の小さいビームで走査することにより、見かけ上の一括ビームの面積を拡大する。

【0011】一括ビーム形状より面積の小さいビームで走査する場合に、一括ビームの領域の走査を行う最低限の回数は往復2回なので、領域の $1/2$ 以下の寸法のビームを用いることが有効である。 $1/2$ 以上のビームを用いた場合には、2回の走査で必要な走査領域に余る部分が生じ、これは描画に寄与しない。なぜならば、1回目と2回目で多重描画をすると照射むらが発生するため、重ならないように走査しななければならないからである。従って、走査する領域の辺々の $1/2$ 以下、面積で $1/4$ 以下のビームを用いる。この面積の小さいビームで可変成形ビームを形成することによって、高い電流密度で描画ができる。また、走査の速度や回数を変化させることにより、照射量を制御する。

【0012】（実施例1）図1は本発明の第1の実施例を示した図である。

4

【0013】電子源1から放出された電子ビーム2（結像関係を示す）は1つ以上の集束レンズ3で収束され第1アパーチャ4で成形された後、第1成形レンズ5と第2成形レンズ7で収束され第2アパーチャ8上に結像される。この第2アパーチャ8上の像は対物レンズ9と対物偏向器10で投影偏向されて、感光剤の塗布された試料11上に照射され描画を行う。このとき第2アパーチャ8にあらかじめ設けてある複数の描画すべきパターン形状の開口を、偏向器6により選択する。

10 【0014】電子源1の放射角電流密度は材料の物性に依存して決まるので、ある様な電流密度かつ特定の面積をもつ電子ビームで描画に使用し得る電流値が一定になる。一括ビームの面積を拡大するためには、集束レンズ3を調節して開口角を広げて照射しなければならない。このため、例えば一括ビームの面積を2倍にすると電流密度は $1/2$ になる。通常、実際の半導体集積回路のパターンは複雑で、一括ビームだけでは描画を行うことはできないので、第2アパーチャ8には可変成型方式用の開口をも設けて、パターンに応じて切り替えて描画を行っている。通常、可変成形方式で描画を行うパターンは一括ビームの面積よりも小さいことが多いので、一括ビーム用の電流密度の低いビームを用いると、試料に到達せず描画に寄与しないビームが多くなることになる。

30 【0015】この問題を解決するためには、集束レンズ3の収束力を一括ビーム用と可変成型用で切り替えて、それぞれ最適なビーム面積に設定すれば可能である。しかし、通常集束レンズ3はインダクタンスの大きい電磁レンズを用いるので、収束力の切り替えには偏向器6による第2アパーチャ8上での開口の選択に比べて長い時間を要する。この収束力の切り替えは結果的には描画速度の向上とはならない。

【0016】従って、集束レンズ3により可変成形方式に必要な電流密度を設定し、これより面積の大きい一括ビームの部分はビームを走査すれば、面積の大きい一括ビームが実現できることになる。また、このビーム面積が一定であれば、集束レンズ3は不要になる場合もある。試料11上に塗布された感光剤の感度は、単位面積当たりの電子ビーム照射量と等しく、電子ビームの電流密度と滞在時間との積で決定される。感光剤の感度が一定の場合、電流密度が低く面積が大きい場合の滞在時間と電流密度が高いビームを連続的に走査した場合の合計の滞在時間は等しくなる。従って、第2アパーチャ8上の開口を一括ビームよりも面積の小さいビームで走査した場合も、一括ビームの面積を拡大した場合も要する時間は同じである。

50 【0017】一括ビームよりも面積の小さいビームで走査を行った場合を図2に示す。第2アパーチャ8上の特定の機能を持つ一まとまりの開口群である一括ビーム用開口12を、開口の面積よりも小さい電子ビーム2で走

5

査をする。このとき、可変成型ビーム用開口 13 は電子ビーム 2 の面積以上であればよい。これに対して、従来の一括ビーム方式を図 3 に示す。第 2 アパーチャ 8 上の一括ビーム用開口 12 を、開口の面積よりも大きい電子ビーム 2 で一括に照射していた。

【0018】（実施例 2）図 4 に電子ビーム 2 での走査の経路を示す。図 4（a）は電子ビーム 2 で第 2 アパーチャ 8 上の一括ビーム用開口 12 を、走査経路 14 で走査することを示す。このように、一括ビーム用開口 12 の全面積を電子ビーム 2 で走査すれば、一括ビーム用開口 12 はどのようなパターンでもよい。

【0019】しかし、実際の半導体製造には、例えばホール系のように描画する各々のパターンの面積が小さい層がある。図 4（b）に示す例は、一括ビーム用開口 12 の中に占める開口 15 の面積が小さく、開口以外の部分に照射した電子ビーム 2 は描画に寄与しない。各々のパターンの開口 15 が小さくかつそれぞれの開口 15 が離れている場合には、走査経路 16 のように開口部分だけを選択的に走査する。この場合には、有効に電子ビーム 2 の電流を使うことが可能となり、さらに描画速度が向上する。この方法は、描画パターンが変わる度に走査位置を変える必要がある。従って、第 2 アパーチャ 8 を作製する際に位置情報を記録しておき、パターンが変わる度にパターン配置情報を読み出せばよい。

【0020】開口 15 の部分だけを選択して走査を行えば、電子ビーム 2 と一括ビーム用開口 12 の面積の比だけ描画速度を向上させることができる。

【0021】（実施例 3）図 3 に示されているような、いわゆる一括ビーム方式は電子ビーム 2 のオンからオフまでの時間で照射量を制御するのが通常の方法である。これに対して、図 2 に示されている本描画方法では、照射量を制御する方法は次の 2 種類が可能である。第 1 は、一括ビーム用開口 12 の上を電子ビーム 2 が 1 度だけ走査を行う方式である。これは、必要な照射量と電子ビーム 2 の電流密度から決定される電子ビーム 2 の滞在時間に応じて走査の速度を変化させる。第 2 は、一括ビーム用開口 12 の上を複数回走査を行う方式である。これは、1 度の走査の速度は固定で、必要な照射量の回数分だけ走査を行う。

【0022】1 度だけの走査で照射量を変える場合について詳述する。図 4（a）に示すような、一括ビーム用開口 12 の全面積を電子ビーム 2 で走査する場合には、走査の速度を必要な照射量に反比例して変化させればよい。また、図 4（b）に示すような、走査経路 16 が開口部分だけを選択的に走査する場合には、開口 15 に電子ビーム 2 が滞在している時間は走査を停止して、開口から開口への移動は走査用偏向器の最高速度で走査を行えばよい。さらに、電子ビーム 2 の面積が開口 15 よりも大きい場合には、電子ビーム 2 と開口 15 の走査方向の長さの差の分だけ走査用偏向器の停止安定性は緩くす

6

ることが可能である。

【0023】複数回走査する場合には、図 4 の（a）および（b）のいずれの場合も、照射量の多い部分だけ走査回数を多くすればよい。

【0024】本方法を用いた結果、一括図形内部の照射量は任意に設定することが可能となり、特に照射量に依存する近接効果補正を高精度に行うことができる。

【0025】（実施例 4）図 5 は第 1 成形レンズ 5 と第 2 成形レンズ 7 の部分を拡大した図で、走査用の信号を偏向器に重畳した例を示す。偏向器 6 に信号を送る選択制御装置 17 の信号に、走査信号発生装置 18 からの走査信号を加算することにより選択と走査を同じ偏向器 6 で行う。

【0026】（実施例 5）図 6 は第 1 成形レンズ 5 と第 2 成形レンズ 7 の部分を拡大した図で、走査用の偏向器を新たに付加した例を示す。従来の偏向器 6 には選択制御装置 17 の信号が、走査用偏向器 19 には走査信号発生装置 18 からの走査信号が供給され、選択と走査を独立して行う。

【0027】（実施例 6）図 7 に本発明の電子ビーム描画方法を用いた半導体集積回路の製造工程を示す。

【0028】図 7 A から図 7 D はその工程を示す素子の断面図である。N マイナスシリコン基板 20 に通常の方法で P ウエル層 21、P 層 22、フィールド酸化膜 23、多結晶シリコン／シリコン酸化膜ゲート 24、P 高濃度拡散層 25、N 高濃度拡散層 26、などを形成した（図 7 A）。次に、リンガラス（PSG）の絶縁膜 27 を被着し、絶縁膜 27 をドライエッチングしてコンタクトホール 28 を形成した（図 7 B）。

【0029】次に、通常の方法で W/TiN 電極配線 30 を被着し、その上に感光剤 29 を塗布し、本発明の電子ビーム描画方法を用いて感光剤 29 のパターンニングを行った（図 7 C）。そして、ドライエッチングなどにより W/TiN 電極配線 30 を形成した。

【0030】次に層間絶縁膜 31 を形成し、通常の方法でホールパターン 32 を形成した。ホールパターン 32 の中は W プラグで埋め込み、A1 第 2 配線 33 を連結した（図 7 D）。以降のパッシベーション工程は従来法を用いた。

【0031】なお、本実施例では主な製造工程のみを説明したが、W/TiN 電極配線形成のリソグラフィ工程で本発明の電子ビーム描画方法を用いたこと以外は従来法と同じ工程を用いた。以上の工程により、質が低下することなくパターンを形成することができ、CMOS LSI を高歩留まりで製造することが出来た。本発明の電子ビーム描画方法を用い半導体集積回路を製作した結果、描画速度が向上したことによる単位時間当たりの生産量が増加した。

【0032】

【発明の効果】特定の機能を持つ一まとまりの開口群で

7

ある一括ビーム形状より面積の小さいビームで一括ビーム開口を走査することにより、見かけ上の一括ビームの面積を拡大し高速に描画を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施例を示す図。

【図 2】 面積の小さいビームで走査を行った場合を示す図。

【図 3】 従来の一括ビーム方式を示す図。

【図 4】 走査の経路を示す図。

【図 5】 走査用の信号を偏向器に重叠した例を示した図。

【図 6】 走査用の偏向器を新たに付加した例を示す図

【図 7】 本発明の電子ビーム描画方法を用いた半導体集積回路の製造工程を示す図。

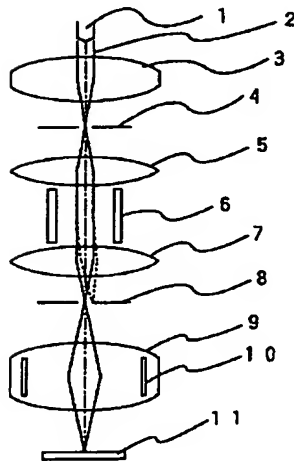
【符号の説明】

8

* 1 : 電子源、2 : 電子ビーム、3 : 収束レンズ、4 : 第 1 アパーチャ、5 : 第 1 成形レンズ、6 : 偏向器、7 : 第 2 成形レンズ、8 : 第 2 アパーチャ、9 : 対物レンズ、10 : 対物偏向器、11 : 試料、12 : 一括ビーム用開口、13 : 可変成形ビーム用開口、14 : 走査経路、15 : 開口、16 : 走査経路、17 : 選択制御装置、18 : 走査信号発生装置、19 走査用偏向器、20 : N マイナスシリコン基板、21 : P ウェル層、22 : P 層、23 : フィールド酸化膜、24 : 多結晶シリコン/シリコン酸化膜ゲート、25 : P 高濃度拡散層、26 : N 高濃度拡散層、27 : 絶縁膜、28 : コンタクトホール、29 : 感光剤、30 : W/Ti 電極配線、31 : 層間絶縁膜、32 : ホールパターン、33 : アルミ第 2 配線

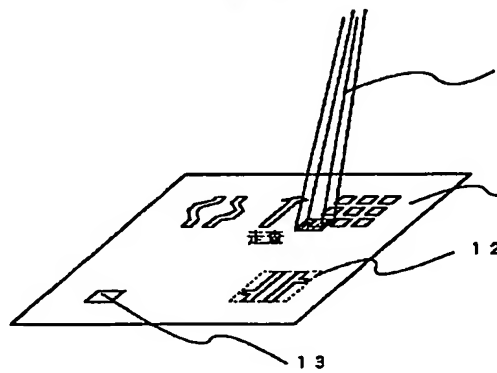
【図 1】

図 1



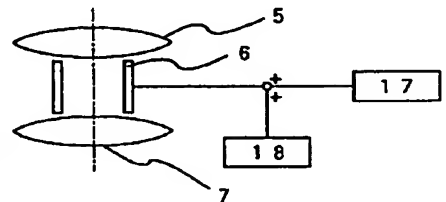
【図 2】

図 2



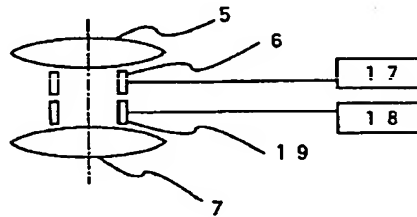
【図 5】

図 5



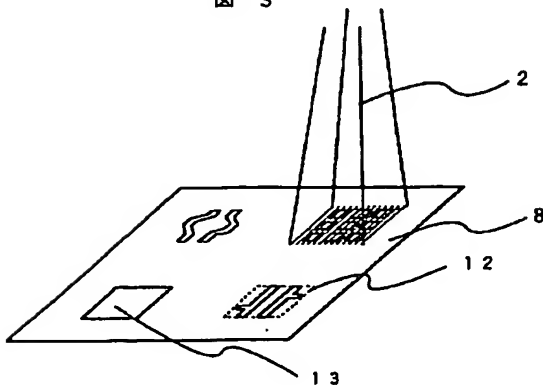
【図 6】

図 6



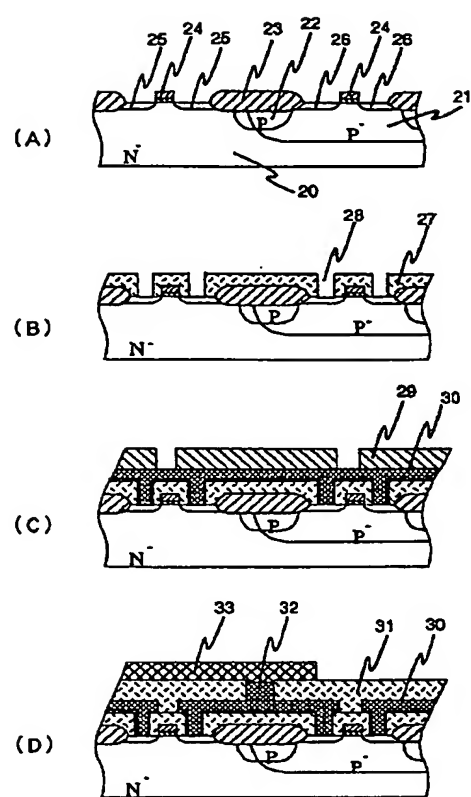
【図 3】

図 3



【圖 7】

图 7



(72)発明者 齊藤 徳郎
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内